

*Über das Sprunggelenk der Säugethiere und des Menschen.*

Von Prof. C. Langer in Pesth.

(Auszug aus einer für die Denkschriften bestimmten Abhandlung.)

Die Beobachtung einer seitlichen Verschiebung der Knochen des Sprunggelenkes vom Menschen lenkte meine Aufmerksamkeit auf die eigenthümliche Mechanik dieses Gelenkes, welche vergleichend durch die Reihen der Säugethiere untersucht wurde.

Ein durch die Tibia getriebener Stift markirte über der Sprungbeinsrolle den Gang des Gelenkes als Linie, welche die Durchschnitts-  
linie der Rolle durch die Drehungsebene anzeigt und Ganglinie genannt werden soll. Es ergab sich als typische Eigenthümlichkeit dieses Gelenkes durch die ganze Reihe der Säugethiere, dass die Ganglinie aus der senkrecht auf die Drehungsaxe gestellten Ebene nach aussen abweicht, die Astragalus-Rolle daher zum Unterschiede der geraden Rolle eines Cylinder-Gelenkes eine schiefe, auswärts gerichtete Rolle sei.

Unter der Voraussetzung, dass die Grundform der bekannten schiefen Rolle beim Pferde ein Cylinder ist, lag der Gedanke nahe, die beiden Erhabenheiten dieser Rolle als Abschnitte eines Schraubengewindes aufzufassen. Ich suchte daher die Rolle zu ergänzen, um den weiteren Verlauf der, über den Rist der Erhabenheiten markirten Ganglinie zu ermitteln. Zu dem Ende wurden Abgüsse der Rolle angefertigt und an einander gepasst. Zwei Abgüsse ergänzten sich schon zu einem ganzen Umfange einer Schraubenspindel der Art, dass die eine Erhabenheit nach vollendetem einem Umgange in die zweite Erhabenheit überging. Beide Erhabenheiten sind also Theile einer und derselben Wendellinie. An einem über die Rolle gelegten Stücke Papier, auf welches die Axe projicirt und die Ganglinie übertragen wurde, wurde der Neigungswinkel derselben gemessen; er beträgt etwas über 10°.

Die Ganglinie des Sprunggelenkes vom Pferde ist daher eine Wendellinie, die unter constanter Neigung über einen Cylinder in zwei erhabenen Umgängen geführt ist, und ergibt eine Schraubenrolle, von welcher beiläufig die Hälfte auf den Astragalus aufgetragen ist. Die Tibia spielt über diesem Rollen-Segmente als Theil einer Schraubenmutter. Die Rolle des rechten Fusses ist Theil einer linksgewundenen (nach Listing's Bezeichnung aber einer *dextrotropen*) die des linken Fusses einer rechtsgewundenen (nach Listing *laetropen*) Schraube.

Die Malleolarflächen als Seitenbegrenzungen dieser Rolle sind, abgesehen ihrer seitlichen Krümmung, in der Richtung von vorne nach rückwärts symmetrisch nach der wendelförmigen Gangrichtung der Rollenfläche gekrümmt.

Die seitliche Verschiebung, welche entsprechend dem Sinus des Steigungswinkels der Ganglinie vor sich geht, ist ein charakteristischer Unterschied der Schrauben-Charniere von reinen Cylindergelenken. Sie wurde gegen das Fadenkreuz eines horizontal gestellten Fernrohres gemessen, und bei einem Pferde mittlerer Grösse, und einer Excursions-Weite des Gelenkes von  $115^\circ$ , bei 11 Millim. gröss gefunden. Die Flexions-Ebene des Gelenkes ist Theil einer Wendelfläche.

Der laterale Band-Apparat aus oberflächlichen und tiefen Bändern bestehend, unterscheidet sich dadurch von dem reinen Ginglymus-Gelenke, dass er nicht symmetrisch an der Rolle befestiget ist. Die einzelnen Bänder bestehen aus sich kreuzenden Fascikeln, die abwechselnd gespannt werden. Der Hauptgrund des bekannten Federns dieses Gelenkes liegt im inneren tiefen Bande, indem dasselbe bei der labilen Lage der Tibia in den grössten Durchmesser der Rollenbasis zu liegen kömmt.

Die Drehungsaxe des Gelenkes liegt horizontal. Wäre die Flexions-Ebene vertical auf die Axe gerichtet, so fiel beim aufrechten Stande des Thieres der Druck der Leibes-Last parallel mit der Flexions-Ebene. Hier wird dagegen ein Theil der Last des Leibes als Normaldruck senkrecht auf die schiefe Flexions-Ebene fallen und von den Erhabenheiten der Rolle getragen, so dass der Musculatur nur das relative Gewicht zur Last fällt, welches sich in der Richtung der Ganglinie fortzubewegen strebt. Da wegen der Lage des Fersenhöckers aus-

wärts der Rolle, die Resultirende der Wadenmuskeln eine, wie die Ganglinie auswärts schiefe Richtung hat, so wird, wenn beide parallel gehen, ein Gewinn an Kraft für die Musculatur in dem Verhältniss sich ergeben, in welchem die Länge der Schraubenlinie der Rolle (Ganglinie) zur Peripherie derselben (gerade Gangrichtung eines Cylinder-Gelenkes) steht. Dieser Gewinn kömmt den vierfüssigen Säugethiere um so mehr zu Gute, als bei ihnen wegen gebogener Lage der Beine beim aufrechten Stande, ihre Leibeslast, nicht in dem Masse wie beim Menschen, durch Hemmungsapparate der Gelenke getragen wird. Gelenke, die beim Menschen geraden Gang haben, z. B. das Ellbogengelenk, haben deshalb beim Pferd und Rind eine bemerkbare schiefe Gangrichtung.

Es wurden Repräsentanten aller Säugethiergruppen untersucht und die wendelförmige Gangrichtung überall gefunden. Die Grösse des Steigungswinkels wechselt. Er ist kleiner bei Sohlengängern, grösser bei denen, die den Fuss steil tragen. Bei keinem Säugethiere ist er so klein, dass die Ganglinie ein Kreissegment würde. Schweine und Wiederkäuer haben mit besonderer Einrichtung ihres Gelenkes einen geringeren Steigungswinkel.

Bei vielen, ja den meisten Thieren ist die Grundgestalt der Rolle ein Kegel, dessen Spitze nach innen gerichtet ist. Da der Gang des Gelenkes nach aussen gegen die Basis des Kegels ablenkt, so wird bei der Beugung das Gelenk förmlich festgeschraubt, und dadurch eine Hemmung eingeleitet.

Eine Rotation um eine in den Unterschenkel fallende verticale Axe von grösserem Umfange, findet sich bei *Phalangista* und *Didelphis*, mit oberwärts gerichteter äusserer Malleolarfläche, und einem die *Fibula* umsäumenden *Meniscus*.

Beim Menschen ist eine höchstens 8° auswärts geneigte Gangrichtung zu finden. Die Grundform der Rolle ist die kegelförmige, wodurch gleichfalls die Hemmung der Dorsalflexion eingeleitet ist. Die von H. Meyer beschriebene grössere Breite der Rolle nach vorne steht, trotz des fest mit der Tibia verwachsenen *Malleolus internus* in keinem Widerspruche mit der Verschiebung nach aussen, da die Rolle innen nicht nach der Gangrichtung, sondern mehr in gerader Richtung auf die Axe begrenzt ist; wodurch der innere Knöchel bei der Plantarflexion hinten von der Rollenkante sich entfernt. Wenn man sich von einer vorliegenden rechtswendigen Schraubenspinde

beiläufig ein Viertheil ihres Umfanges, rechts nach der Windung, links mehr nach der Richtung der Basis abgrenzt, die äussere Kante hinten abstumpft, so hat man sich ein Modell der linken Sprungbeinsrolle nachgebildet, und wird die innere Malleolarfläche ganz im Einklange mit dem schief auswärts gerichteten Gang des Gelenkes finden.

Durch diese besprochene Gangrichtung wird es erst möglich, dass bei allen Attituden die Flexions-Ebene eine schiefe Richtung hat, deren Betheiligung am Gange des Menschen H. Meyer aus einander gesetzt hat.

Das obere und untere Gelenk ergänzen sich. Die Bewegungen des unteren sind theils Mit- theils Folge-Bewegungen des oberen. Wiederkäuer und Schweine haben in dieser Beziehung den einfachsten Mechanismus. Der Kopf des *Astragalus* dieser Thiere ist eine Rolle, deren Axe wie die des oberen Gelenkes beinahe quer liegt. Der ganze Knochen dreht sich um eine ebenfalls beinahe quere Axe auf einer convexen dem Fersenbein zugewendeten Fläche. Während der Bewegung im oberen Gelenke, leitet ein innerer keilförmiger Fortsatz des Fibularudimentes, der sich zwischen die obere Rolle und einen äusseren Fortsatz des Fersenbeines einkeilt, eine Mitbewegung des *Astragalus* ein. Hintere *Ligta*, ein *tibio-* und *fibulare-Tali* hemmen die obere Bewegung ganz und nöthigen bei fortgesetzter Muskelwirkung die Beugung im unteren Gelenke zu beendigen. Dadurch, dass der Kopf und das Fersenbein-Gelenk verschiedene Axen haben, wird diese Flexionsbewegung gehemmt.

Die schiefe Gangrichtung des oberen Gelenkes ist im entgegengesetzten Sinne auch auf das untere Gelenk übertragen. Die vorspringenden Leisten des *Astragalus*-Kopfes vom Schweine zeigen diese schiefe Richtung an.

Eine Wendung der Fusssohle ist da kaum bemerkbar. Ausgiebiger wird sie erst dann, wenn die Axe des *Caput Astragali* gegen die Fussaxe und den Horizont eine Neigung hat. Die mit der Plantarflexion verbundene Wendung des Plattfusses einwärts ist durch eine Neigung der Axe aussen nach unten und hinten bedingt. Eine besondere Rotations-Axe des *Caput Astragali* verschieden von der Flexions-Axe gibt es nicht. Die Lage dieser Axe entscheidet, warum bei verschiedenen Thieren bald die Rotations-, bald die Flexionsbewegung umfangreicher ist. Die Fussaxe



des Menschen, durch den Kopf des zweiten *Metatarsus*-Knochens und den unten aufliegenden Fersenhöcker gezogen, nimmt bei belastetem Knie, die obere Drehungsaxe unter rechtem Winkel, die Axe des *Caput Astragali* unter  $45^{\circ}$  auf. Mehr scheint die letztere ursprünglich bei keinem Thiere sich der Fussaxe zu nähern. Bei *Bradypus* liegt sie deshalb der Fussaxe näher, weil der *Astragalus* bleibend einwärts gesenkt ist. Überall wird durch die Plantarflexion im unteren Gelenke die äussere Malleolarfläche gehoben, und die Axe des Köpfchens der Fussaxe näher gerückt, daher im Beginne der Bewegung die Flexion ausgiebiger, gegen das Ende derselben die Rotation vorwaltender wird, bei *Bradypus* mit Ausschluss der Flexion.

Wie bei den Wiederkäuern, so bei allen Säugethieren auch beim Menschen ist die Axe des *Caput Astragali* getrennt von der des Fersengelenkes, so dass das Sprungbein im Ganzen drei Axen besitzt. Die beiden unteren Axen sind beim Menschen unter einander parallel beim aufrechten Stande, wo auch die beiden unteren Gelenkflächen vollkommen congruent mit dem Fersen- und Kahnbein in genauem Contacte sind. Jede Bewegung stört den Parallelismus beider Axen und den innigen Contact, wodurch später die Hemmung der weiteren Bewegung eingeleitet wird.

Der Mensch hat in dieser Beziehung eine Mittelbildung, deren ein Extrem die Wiederkäuer mit Ausschluss der Rotation bilden, das andere *Bradypus* mit Ausschluss der Flexion. Erst die Summe der Rotation und Flexion beim Menschen wird dem Umfange der Flexion im unteren Gelenke der Wiederkäuer, und der Rotation dieses Gelenkes bei *Bradypus* nahe kommen. Nager und *Carnivora*, *Tapir* u. s. w. stehen den Wiederkäuern näher, wegen minder geneigter Axe, die Affen dem *Bradypus*, da ihre beiden unteren Axen wegen dem verlängerten Halse des *Caput Astragali* einander näher rücken, die Bewegung daher weniger hemmen werden.

---